

三类籼稻近亲型二元不育系的一般配合力研究

周学标^{1,2}, 陆作楣^{1*}

(1. 南京农业大学作物遗传与种质创新国家重点实验室, 江苏 南京 210095; 2. 山东省水稻研究所, 山东 济宁 272100)

摘要: 利用3个全同胞型二元不育系、11个回交型二元不育系和10个半同胞型二元不育系及其10个亲本纯合不育系, 分别与南恢04、明恢86、辐恢838、先恢207和密阳46等5个恢复系按照NC II 交配设计配制了50个单交种和120个改良单交种, 按随机区组的随机模型分析方法, 对二元不育系主要性状进行了配合力分析。结果表明, 所有性状的一般配合力方差和特殊配合力方差均达到了极显著水平。按照方差分析的分群比较法研究了三类二元不育系与纯合不育系单株产量及其构成因素的一般配合力差异, 结果表明三类二元不育系单株产量和有效穗数的一般配合力都比纯合不育系极显著增加, 回交型二元不育系和半同胞型二元不育系结实率的一般配合力也极显著高于纯合不育系, 其他性状上二元不育系和纯合不育系没有明显差异。在水稻改良单交种育种中, 以双亲具有近亲关系的二元不育系作母本进行适当配组, 有可能选育出比相应单交种产量更高的水稻改良单交种。

关键词: 二元不育系; 近亲关系; 全同胞; 半同胞; 分群比较法; 一般配合力

中图分类号: S511.032 文献标识码: A 文章编号: 1000-2030(2007)03-0009-07

Study on the general combining ability of three types close-sibling binary CMS lines of indica rice (*Oryza sativa* L.)

ZHOU Xue-biao^{1,2}, LU Zuo-mei^{1*}

(1. State Key Laboratory of Crop Genetics and Germplasm Enhancement, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. Shandong Rice Research Institute, Jining 272100, China)

Abstract: Three full-sibling binary CMS lines, 11 back-cross binary CMS lines, 10 half-sibling binary CMS lines, 10 isozygosity CMS lines and five restorer lines were chosen to make 50 single hybrids (SH) and 120 modified single cross hybrids (MSH) by the way of NC II design. The plots of F_1 were arranged in the field in a randomized complete block design with 2 replications and the combining ability of 7 characters were analyzed using random model. The results showed that the variance of general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) were significant at 1% level in all characters. The GCA of three types of MSH and SH were studied using analysis of variance of independent comparison of single degree of freedom in the grain weight per plant (GWP) and the other yield traits. The result indicated that, three types of MSH were higher than the SH at 1% level in the GWP and the number of effective tillers per plant (NETP) respectively, the back-cross binary CMS lines and half-sibling binary CMS lines were higher than the SH at 1% level in seed setting rate (SSR). There were no significant differences in other yield traits. It suggested that the above three types of close-sibling binary CMS lines could be used increasing GWP, NETP and SSR in modified single cross hybrid rice breeding.

Key words: binary CMS line; close-sibling; full-sibling; half-sibling; independent comparison of single degree of freedom; general combining ability (GCA)

我国推广应用的杂交稻不育系除个别类型外, 多数可用其他保持系保持其不育性, 这些细胞核不同的品种称为异型保持系。不育系与异型保持系杂交产生的杂种不育系通称为二元不育系。其中双亲之间没有明显亲缘关系的称为非同胞二元不育系; 双亲为姊妹系的二元不育系称为全同胞型二元不育系, 双亲之间只有一个共同亲本的二元不育系, 称为半同胞型二元不育系; 双亲保持系之一为另一个亲本的衍生系的二元不育系, 称为回交型二元不育系, 这3类二元不育系统称为近亲型二元不育系。非同胞型二

收稿日期: 2006-08-25

基金项目: 长江学者和创新团队发展计划 (IRT0432)

作者简介: 周学标, 副研究员, 博士研究生, E-mail: zxb218@sohu.com。* 通讯作者: 陆作楣, 教授, 博士生导师, 从事水稻良种繁育和遗传育种研究, Tel: 025-84395529。

元不育系与恢复系杂交得到的杂种 F_1 称为水稻三交种, 近亲型二元不育系与恢复系杂交所得到的杂种 F_1 则可称为改良单交种。三交种虽然能够大幅度提高制种产量^[1], 但由于其母本为非同胞二元不育系, 双亲本身遗传差异较大, 引起三交种 F_1 代出现明显分离而整齐度较差, 所以一直没能够大面积应用。在杂交玉米育种研究中, 运用姊妹种来配制改良单交种的方法成功地解决了这一问题^[2-3], 但迄今为止未见水稻上有类似报道。为此我们借鉴杂交玉米的育种经验, 利用几个新育成的具有一定亲缘关系的保持系和不育系, 配成了全同胞、半同胞和回交型 3 种近亲型二元不育系, 再与恢复系杂交, 以探讨水稻近亲型二元不育系生产应用的可能性。

众所周知, 评价亲本利用价值的主导因素是一般配合力, 而特殊配合力在筛选优良组合方面具有重要意义, 在双亲一般配合力优良的基础上选配特殊配合力高的组合, 已成为杂种优势利用的重要技术原则, 也是育种专家在长期实践中取得的共识^[4]。二元不育系作为三交种或改良单交种的亲本之一, 有必要对其产量性状和相关的农艺性状进行一般配合力研究, 但对近亲型二元不育系的配合力研究至今尚未见报道。因此本研究主要探讨所配的三类近亲型二元不育系产量和主要农艺性状的一般配合力情况, 以期筛选出一般配合力好的二元不育系, 为水稻改良单交种的选育提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

首先利用生产上常用的籼稻保持系金 23 B、II-32 B、新露 B 分别与协青早 B 杂交, 从杂交后代中分别选育出 2 个表现较好的保持系, 命名为金协紫 B、金协黄 B, II 协 1 B、II 协 2 B, 新协黄 B、新协紫 B, 并转育出相应的不育系。将 4 个亲本保持系及相应的不育系根据其不同的亲缘关系配制成 24 个二元不育系。再与南恢 04、明恢 86、辐恢 838、先恢 207 和密阳 46 这 5 个不同生态类型的恢复系按照 NC II 设计, 配制了 50 个普通单交种, 15 个全同胞型改良单交种 (由全同胞型二元不育系所配的组合), 55 个回交型改良单交种 (由回交型二元不育系所配的组合), 50 个半同胞型改良单交种 (由半同胞型二元不育系所配的组合)。所用的不育系和恢复系见表 1。

表 1 试验材料

Table 1 Rice lines in this study

纯合不育系 Cytoplasmic male sterile lines	全同胞型二元不育系 Full-sibling binary CMS lines	回交型二元不育系 Back-cross binary CMS lines	半同胞型二元不育系 Half-sibling binary CMS lines	恢复系 Restorer lines
II-32 A	新协黄 A/新协紫 B Xinxiehuang A/Xinxiezi B	II-32 A/II 协 1 B II-32 A/II xie 1 B	金协紫 A/II 协 1 B Jinxiezi A/II xie 1 B	南恢 04 Nanhui 04
II 协 1 A II xie 1 A	金协黄 A/金协紫 B Jinxiehuang A/Jinxiezi B	II-32 A/II 协 2 B II-32 A/II xie 2 B	金协紫 A/II 协 2 B Jinxiezi A/II xie 2 B	明恢 86 Minghui 86
II 协 2 A II xie 2 A	II 协 1 A/II 协 2 B II xie 1 A/II xie 2 B	新露 A/新协紫 B Xinlu A/Xinxiezi B	金协紫 A/新协紫 B Jinxiezi A/Xinxiezi B	辐恢 838 Fuhui 838
新露 A Xinlu A		金 23 A/金协紫 B Jin 23 A/Jinxiezi B	金协黄 A/新协紫 B Jinxiehuang A/Xinxiezi B	先恢 207 Xianhui 207
新协黄 A Xinxiehuang A		金协黄 A/金 23 B Jinxiehuang A/Jin 23 B	金协黄 A/II 协 1 B Jinxiehuang A/II xie 1 B	密阳 46 Miyang 46
新协紫 A Xinxiezi A		协青早 A/II 协 1 B Xieqingzao A/II xie 1 B	金协黄 A/II 协 2 B Jinxiehuang A/II xie 2 B	
金 23 A Jin 23 A		协青早 A/II 协 2 B Xieqingzao A/II xie 2 B	新协黄 A/II 协 1 B Xinxiehuang A/II xie 1 B	
金协紫 A Jinxiezi A		协青早 A/新协紫 B Xieqingzao A/Xinxiezi B	新协黄 A/II 协 2 B Xinxiehuang A/II xie 2 B	
金协黄 A Jinxiehuang A		协青早 A/新协黄 B Xieqingzao A/Xinxiehuang B	新协紫 A/II 协 1 B Xinxiezi A/II xie 1 B	
协青早 A Xieqingzao A		协青早 A/金协紫 B Xieqingzao A/Jinxiezi B	新协紫 A/II 协 2 B Xinxiezi A/II xie 2 B	
		金协黄 A/协青早 B Jinxiehuang A/Xieqingzao B		

1.2 试验方法

2004年正季于南京配制二元不育系, 2005年春季于海南配制改良单交种及普通单交种, 2005年正季于南京农业大学江浦试验站种植, 5月16日播种, 6月20日移栽。田间随机区组排列, 2次重复。每小区5行, 每行10株, 株行距为15 cm × 25 cm, 单本栽植, 地力均匀, 常规管理。对单株抽穗期观察记录, 每天下午记录1次。以主茎穗顶露出剑叶叶鞘1 cm作为该株抽穗。各株播种日期至始穗日期作为该株的播始历期, 该小区所有单株播始历期的平均值为该小区的播始历期。从每小区中间2行各连续取5株共10株, 进行单株农艺性状考察, 考察项目有株高、单株产量、千粒重、结实率、每穗总粒数、每穗实粒数、有效穗数。

统计分析按照马育华^[5]的不完全双列杂交方法进行。根据随机模型估算供试材料的遗传参数, 包括父本、母本的一般配合力方差, 父本 × 母本的特殊配合力方差, 以及上述各项所占的比例。

由于本研究中所用的纯合不育系和二元不育系的数量不等, 直接相比不具有可比性, 因此采用了方差分析中的单一自由度的独立比较^[6-7]及分群比较法^[8], 将纯合不育系、全同胞型二元不育系、回交型二元不育系及半同胞型二元不育系按类别合并后, 再比较各类不育系性状间的差异显著性。其原理是, 在每组比较中, 如果有 n 个处理, 则可分解为 $n-1$ 个相互正交的群间比较, 各占一个自由度, 则 $SS = \frac{[\sum (C_i T_i)]^2}{r \sum C_i^2}$, $F = \frac{MS}{MS_e} = \frac{SS}{MS_e}$, 式中 C_i 为群间正交系数(且 $\sum C_i = 0$); T_i 为各处理总和; r 为重复数(本文中为2); $DF = 1$; 临界 F 值为 $F_{\alpha, 1, DF_e}$, 本文中应用的是随机模型, 所以计算 F 值时采用了不育系 × 恢复系的均方值作分母, 即 $F = MS/MS_{A \times R}$, 临界 F 值为 $F_{\alpha, 1, DF_{A \times R}} = F_{\alpha, 1, 132}$ ($\alpha = 0.05$ 和 0.01)。

本研究共进行了7组独立的分群比较, 每组仅列出其中有用的一种群间比较结果。所有计算均在PC机上用Excel软件完成, 结实率经过了 $\sin^{-1}\sqrt{\%}$ 转换。

最后计算每个不育系单株产量及农艺性状的一般配合力, 再将二元不育系分别与其相对应的2个纯合不育系的一般配合力进行比较, 研究二元不育系单株产量和农艺性状一般配合力的改良效果。

2 结果与分析

2.1 不育系及恢复系主要性状的一般配合力方差和组合的特殊配合力方差

由表2可见, 组合间7个性状的差异均达到了极显著水平, 说明这些性状的基因型间存在真实的遗传差异。恢复系、不育系的一般配合力方差以及不育系 × 恢复系的特殊配合力方差在所有性状上也均达到了极显著水平, 表明这些性状均受到加性效应和非加性效应的共同影响。除了单株产量外, 其余性状的一般配合力方差占总遗传方差的比例均达到60%以上, 其中千粒重、株高等性状接近或超过90%, 表

表2 主要农艺性状的方差分析(均方值)以及对总遗传方差的贡献率

Table 2 Mean squares of ANOVA on main agronomic traits for all hybrids and the contribution ratio of the A, R and A × R to the total variance of the characters

性状 Character	区组 Block	组合 Crosses	恢复系 R-line	不育系 A-line	不育系 × 恢复系 A × R	误差 Error	对总遗传方差的贡献率/% Contribution ratio to the total variance			
							Vg	Vs	VgR	VgA
DF	1	169	4	33	132	169				
单株产量 GWP	0.46	24.71**	139.37**	46.57**	15.76**	0.37	38.89	61.11	14.43	24.46
千粒重 TGW	0.06	4.64**	101.34**	8.16**	0.83**	0.09	85.60	14.40	57.23	28.37
有效穗数 NETP	0.25	2.72**	36.50**	4.86**	1.15**	0.10	62.85	37.15	36.67	26.18
每穗总粒数 SP	14.72	572.74**	9 412.03**	1 101.45**	172.70**	21.42	75.15	24.85	44.64	30.51
结实率 SSR	6.03	23.30**	312.16**	42.84**	9.66**	1.72	66.15	33.85	37.89	28.26
株高 PH	31.71*	70.82**	2 284.57**	53.71**	8.01**	3.67	94.61	5.39	83.24	11.36
播始历期 DIH	5.45	19.99**	518.41**	26.17**	3.34**	0.83	88.70	11.30	68.16	20.54

Notes: 1) * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$

2) GWP = Grain weight per plant; TGW = 1 000-grain weight; NETP = Number of effective tillers per plant; SP = Spikelets per panicle; SSR = Seed setting rate; PH = Plant height; DIH = Days from sowing to initial heading. The same as belows.

3) Vg = Variance of general combining ability; Vs = Variance of specific combining ability; VgR = Variance of the R-line; VgA = Variance of the A-line

明在这些性状中主要是基因的加性效应起作用。而单株产量的一般配合力方差和特殊配合力方差分别占总遗传方差的 38.89% 和 61.11%，说明加性效应和非加性效应都起着重要作用，且非加性效应大于加性效应，这是因为单株产量受环境因素的影响更大。恢复系对总方差的贡献率在多数性状上大于不育系及互作效应，但不育系在单株产量上的贡献率超过了恢复系。

2.2 三类近亲型二元不育系的单株产量及主要性状一般配合力的比较

由表 3 和表 4 可见，回交型二元不育系和半同胞型二元不育系的单株产量、有效穗数及结实率的一般配合力均极显著高于纯合不育系的一般配合力，其他性状差异不显著；全同胞型二元不育系的单株产量和有效穗数都极显著地高于纯合不育系。从三类近亲型二元不育系各性状相互比较结果来看，除了全同胞型在有效穗数上显著高于半同胞型外，其余性状均未达到显著差异水平。以上结果说明，二元不育系的单株产量和有效穗数的一般配合力优于纯合不育系，而三类近亲型二元不育系之间基本相似。

表 3 二元不育系与纯合不育系在单株产量及主要农艺性状上的分群比较 (均方值)

Table 3 Independent comparison of single degree of freedom for GWP and main agronomic traits of CMS-lines and BCMS-lines (mean squares)

变异来源 Sources	DF	单株产量 GWP	有效穗数 NETP	千粒重 TGW	每穗总粒数 SP	结实率 SSR	株高 PH
纯合不育系与全部二元不育系 CMS vs all BCMS	1	573.93 **	29.56 **	0.51	0.08	110.87 **	11.14
纯合不育系与全同胞不育系 CMS vs F-BCMS	1	212.12 **	26.40 **	0.57	154.88	12.19	1.19
纯合不育系与回交二元不育系 CMS vs B-BCMS	1	397.95 **	24.05 **	0.01	0.28	88.28 **	9.33
纯合不育系与半同胞不育系 CMS vs H-BCMS	1	421.07 **	11.86 **	1.49	30.32	92.71 **	8.88
全同胞型二元不育系与回交世代不育系 F-BCMS vs B-BCMS	1	1.79	3.62	0.69	167.33	7.69	0.90
全同胞型二元不育系与半同胞型二元不育系 F-BCMS vs H-BCMS	1	0.39	7.83 *	0.01	261.98	9.30	0.87
回交世代不育系与半同胞型二元不育系 B-BCMS vs H-BCMS	1	1.11	1.90	1.82	26.03	0.21	0.00
不育系 × 恢复系 A × R	132	15.76	1.15	0.83	172.70	9.66	8.01

Notes: (1) $F_{(1,132)0.05} = 3.9129$; $F_{(1,132)0.01} = 6.8308$

(2) CMS = Cytoplasm-genetic male sterile line; F-BCMS = Full-sibling binary cytoplasm-genetic male sterile line; B-BCMS = Back-cross binary cytoplasm-genetic male sterile line; H-BCMS = Half-sibling binary cytoplasm-genetic male sterile line. The same as belows.

表 4 纯合不育系与二元不育系单株产量及主要农艺性状的平均值

Table 4 Means of GWP and main agronomic characters of CMS-lines and BCMS-lines

不育系类型 Type of CMS	单株产量/g GWP	有效穗数 NETP	千粒重/g TGW	每穗总粒数 SP	结实率/% SSR	株高/cm PH
纯合不育系 CMS	29.60	11.43	28.32	125.32	74.54	108.46
全部二元不育系 All BCMS	32.45	12.07	28.41	125.36	76.42	108.86
回交世代不育系 B-BCMS	32.35	12.10	28.31	125.40	76.49	108.88
半同胞不育系 H-BCMS	32.50	11.91	28.50	126.10	76.58	108.88
全同胞不育系 F-BCMS	32.63	12.50	28.48	122.73	75.63	108.69

2.3 二元不育系各性状的一般配合力效应及其与相应纯合不育系的比较

从表 5 可以看出，单株产量一般配合力最高的 10 个不育系均为二元不育系，包括 1 个全同胞型、6 个回交型和 3 个半同胞型，居前 3 位的分别是 II-32 A/II 协 1B、新协黄 A/II 协 1 B 和 II-32 A/II 协 2 B，分别达到 4.04、4.02 和 3.48。这 10 个二元不育系在结实率、株高等性状上的一般配合力都较高。其中 II-32A/II 协 1 B、II-32 A/II 协 2 B、金 23 A/金协紫 B、金协紫 A/II 协 1 B 等每穗总粒数的一般配合力较高；而新协黄 A/II 协 1 B、协青早 A/金协紫 B、协青早 A/新协紫 B、协青早 A/II 协 2 B、金协紫 A/II 协 2 B 等不育系，则在有效穗数上表现较高的一般配合力。在 3 个全同胞型二元不育系中，单株产量的一般配合力以 II 协 1 A/II 协 2 B 表现较好，排在第 6 位，金协黄 A/金协紫 B 排第 12 位，均

高于所有的纯合不育系，另外新协黄 A/新协紫 B 居第 17 位也高于大多数纯合不育系。

在本研究中，金 23 A 每穗总粒数的一般配合力较高，而播始历期的一般配合力效应值较低（所配组合倾向早熟），其后代不育系如金 23 A/金协紫 B、金协黄 A、金协黄 A/金 23 B、金协紫 A、金协黄 A/金协紫 B 等每穗总粒数的一般配合力也大都较高，而播始历期的一般配合力也较低（所配组合倾向早熟）；II-32 A 单株产量、每穗总粒数、结实率和播始历期的一般配合力都较高，但有效穗数的一般配合力表现较低，用其所配的二元不育系 II-32 A/II 协 1 B、II-32 A/II 协 2 B 等在这几个性状上的一般配合力也基本类似；新露 A 和协青早 A 有效穗数的一般配合力都高于 II-32 A 和金 23 A，但每穗总粒数的一般配合力较小，其后代不育系如新协黄 A/新协紫 B、新协黄 A、协青早 A/新协黄 B、协青早 A/新协紫 B、新露 A/新协紫 B 等有效穗数的一般配合力都高，每穗总粒数的一般配合力都较小。以上结果表明二元不育系在很多性状上的一般配合力受其亲本不育系同一性状一般配合力的影响，与其亲本的表现基本一致。

从表 5 还可以看出，24 个二元不育系中有 19 个单株产量的一般配合力比其 2 个相应不育系都增加，占 79.17%，有 5 个介于两者之间，占 20.83%。其中全同胞型二元不育系新协黄 A/新协紫 B 和 II 协 1 A/II 协 2 B，回交型二元不育系 II-32 A/II 协 1 B、II-32 A/II 协 2 B、新露 A/新协紫 B 和金 23 A/金协紫 B，半同胞型二元不育系新协黄 A/II 协 1 B、金协紫 A/II 协 2 B、新协紫 A/II 协 1 B、新协紫

表 5 不育系主要农艺性状的一般配合力效应值

Table 5 The general combining ability (GCA) of main agronomic traits of male sterile lines

不育系 A-line	单株产量 GWP	千粒重 TGW	有效穗数 NETP	每穗总粒数 SP	结实率 SSR	株高 PH	播始历期 DIH
金 23A Jin 23 A	-3.59	-1.61	-1.27	19.30	-6.48	2.13	0.18
协青早 A Xieqingzao A	-1.68	0.33	-0.04	-13.53	3.50	-0.16	2.49
金协紫 A Jinxiezi A	-2.06	-0.56	-0.99	8.37	-2.17	3.52	-0.66
金协黄 A Jinxiehuang A	-2.09	-1.22	-0.44	10.69	-4.94	-0.99	-2.84
新露 A Xinlu A	-3.15	2.07	-0.45	-12.06	-2.87	-5.28	-2.06
新协黄 A Xinxiehuang A	-3.66	1.00	0.86	-20.89	-3.86	-3.37	-0.92
新协紫 A Xinxiezi A	-3.45	0.56	-0.11	-8.40	-4.60	-3.06	-1.23
II-32 A	-0.73	-1.94	-1.08	13.70	3.33	4.74	4.50
II 协 1 A II xie 1 A	-0.44	0.94	-0.88	4.08	1.09	0.91	0.88
II 协 2 A II xie 2 A	0.72	-0.17	-0.13	-1.50	3.21	-1.24	-0.64
II-32 A/II 协 1 B II-32 A/II xie 1 B	4.04	-0.45	-0.44	14.61	4.64	3.70	3.01
II-32 A/II 协 2 B II-32 A/II xie 2 B	3.48	-0.80	-0.45	13.96	4.47	2.65	3.10
协青早 A/II 协 1 B Xieqingzao A/II xie 1 B	0.56	0.32	0.09	-3.50	2.22	0.35	1.51
协青早 A/II 协 2 B Xieqingzao A/II xie 2 B	1.35	0.57	0.60	-9.81	3.89	-1.08	0.72
II 协 1 A/II 协 2 B II xie 1 A/II xie 2 B	1.78	0.04	-0.04	1.43	3.08	0.62	0.58
新露 A/新协紫 B Xinlu A/Xinxiezi B	-3.03	1.36	0.71	-15.47	-6.24	-4.81	-1.89
协青早 A/新协紫 B Xieqingzao A/Xinxiezi B	1.35	0.61	1.11	-11.08	1.58	-1.23	0.37
协青早 A/新协黄 B Xieqingzao A/Xinxiehuang B	-0.48	0.83	1.24	-16.06	-0.15	-1.96	0.79
新协黄 A/新协紫 B Xinxiehuang A/Xinxiezi B	0.35	0.88	1.35	-11.03	-2.61	-2.53	-0.42
金 23 A/金协紫 B Jin 23 A/Jinxiezi B	2.22	-0.83	-0.30	17.09	-0.92	3.11	0.68
金协黄 A/金 23 B Jinxiehuang A/Jin 23 B	-2.62	-1.58	-0.63	10.59	-4.12	0.30	-0.82
协青早 A/金协紫 B Xieqingzao A/Jinxiezi B	1.55	-0.86	0.49	4.84	0.20	1.08	-0.02
金协黄 A/协青早 B Jinxiehuang A/Xieqingzao B	-0.25	0.01	0.05	-4.63	1.23	-0.55	-0.22
金协黄 A/金协紫 B Jinxiehuang A/Jinxiezi B	0.93	-0.63	0.54	1.75	-1.09	1.75	-2.14
金协紫 A/新协紫 B Jinxiezi A/Xinxiezi B	0.80	0.21	0.43	-2.68	-0.48	-1.43	-1.39
金协紫 A/II 协 1 B Jinxiezi A/II xie 1 B	2.98	0.61	-0.37	8.35	2.31	2.11	0.82
金协紫 A/II 协 2 B Jinxiezi A/II xie 2 B	1.38	0.19	0.52	-3.29	1.47	2.16	-0.41
金协黄 A/新协紫 B Jinxiehuang A/Xinxiezi B	0.17	-0.53	-0.23	7.30	-1.55	-0.43	-1.33
金协黄 A/II 协 1 B Jinxiehuang A/II xie 1 B	-1.42	0.10	-1.04	2.90	0.77	-0.87	-1.62
金协黄 A/II 协 2 B Jinxiehuang A/II xie 2 B	-0.11	-1.01	-0.58	9.08	0.63	-0.46	-1.67
新协黄 A/II 协 1 B Xinxiehuang A/II xie 1 B	4.02	0.42	1.00	1.01	0.28	0.56	1.04
新协黄 A/II 协 2 B Xinxiehuang A/II xie 2 B	-0.88	-0.17	0.61	-7.04	-1.53	-0.51	-0.53
新协紫 A/II 协 1 B Xinxiezi A/II xie 1 B	1.34	0.76	-0.13	-2.00	3.49	0.99	0.25
新协紫 A/II 协 2 B Xinxiezi A/II xie 2 B	0.61	0.54	0.13	-6.10	2.24	-0.70	-0.12

A/Ⅱ协2 B、金协紫 A/新协紫 B 等二元不育系单株产量一般配合力效应值都比其较高的纯合不育系增加2以上,提高幅度较大,因此对这几个二元不育系利用的可能性(如这几个二元不育系所配的改良单交种的群体整齐度)要重点进行研究。

3 讨论

3.1 近亲型二元不育系的特点及其亲本选配的技术原则

与廖伏明等^[9]对普通单交种和余守武等^[10]对三交种的研究结果类似,本研究中改良单交种多数性状以基因的加性效应作用为主,而单株产量却以非加性效应为主,因此水稻改良单交种育种中也应当在对亲本进行一般配合力选择的基础上,进行广泛测配;但与二者不同的是本研究中不育系对改良单交种 F_1 代单株产量的影响却大于恢复系,因此在选育改良单交种时对不育系的改良尤为重要。

从理论上讲,与纯合不育系相比,近亲型二元不育系仍然保留着一定程度的杂合性,因而有可能包含较多的有利基因,所配的改良单交种与三交种一样在产量^[11-12]、品质、抗病^[13]以及适应性方面会比普通单交种有更好的表现;而且二元不育系本身是杂合体,与其亲本保持系差别明显,容易区别,因此制种田比纯合不育系去杂容易,解决了三系杂交稻最容易发生保持系机械混杂的难题;而非同胞型二元不育系相比,近亲型二元不育系双亲具有一定的亲缘关系,遗传差异较小,所配的改良单交种的群体整齐度可能会优于三交种,更易于为生产所接受,所以是一条值得探索的杂交稻育种的新途径。

由于近亲型二元不育系某些性状的一般配合力往往受其亲本的影响,所以在配制二元不育系时,要尽量选择单株产量和其他农艺性状一般配合力都较高或者能够互补的双亲,尽量避免在同一主要性状上一般配合力都低的亲本配组,而在配制改良单交种时可根据其原始亲本的配制组合情况来选择恢复系。例如,Ⅱ-32 A 在生产上配出了很多好的组合,如Ⅱ优 838、Ⅱ优明 86 等,我们在利用Ⅱ-32 后代二元不育系时首先选用这些恢复系来配组。本研究中用Ⅱ-32 A/Ⅱ协1 B、Ⅱ-32 A/Ⅱ协2 B 两个二元不育系与辐恢 838 配的两个改良单交种的单株产量在所有组合中分别居第1和第3位,就证明了这一点。再如以金 23 A 为亲本的金优 207、金优 402、金优 77 的生产面积较大,我们在利用金 23 A/金协紫 B、金协黄 A/金 23 B、金协黄 A/金协紫 B 等二元不育系时则应首先考虑选用先恢 207、早恢 402、明恢 77 等恢复系配组。

3.2 利用近亲型二元不育系提高杂交水稻育种效果

本研究结果表明,近亲型二元不育系单株产量、有效穗数和结实率的一般配合力较纯合不育系有明显改善,因此利用近亲型二元不育系不但有可能选育出比单交种产量高、分蘖成穗能力较强、结实率增加的改良单交种,而且可以增加不育系的种类,丰富不育系的类型。例如本研究中利用金 23 B、Ⅱ-32 B、新露 B 分别与协青早 B 杂交,每个组合中得到了2个姊妹保持系,连同亲本共有10个不育系,而以上这些保持系及不育系相互配组得到了24个二元不育系(包括全同胞型二元不育系、回交型二元不育系和半同胞型二元不育系),实际上还会更多,这些二元不育系的性状表现又不完全相同,各有特点,这样大大增加了不育系的种类,提供了更多的配制杂交种的机会。在实际育种工作中,如果在后代材料中保持更多的姊妹保持系,获得的全同胞型二元不育系和回交型二元不育系的数量还会增加,因此能够充分利用育种资源,提高育种效果。

3.3 三类籼稻近亲型二元不育系应用前景

由于二元不育系本身是杂合体,双亲的遗传差异会引起后代改良单交种群体的分离,因此其利用价值既要考虑一般配合力的水平,也要考虑改良单交种分离情况。除了二元不育系本身的一般配合力要好,二元不育系双亲遗传差异的大小也应成为其是否有利用价值的重要因素。本研究所配的3个全同胞型二元不育系中,Ⅱ协1 A/Ⅱ协2 B 的单株产量一般配合力高于纯合不育系Ⅱ协1 A 和Ⅱ协2 A,有效穗数、每穗实粒数和结实率的一般配合力较高,株高和播始历期的一般配合力中等,有可能配出株高和生育期适中,而产量优势明显的改良单交种;金协黄 A/金协紫 B 单株产量的一般配合力高于金 23 A、协青早 A、金协紫 A 和金协黄 A 等纯合不育系,有效穗数一般配合力较高,每穗总粒数配合力中等,播始历期的一般配合力很低,用于配制早熟组合可能比较好;新协黄 A/新协紫 B 单株产量的一般配合力也高于新协黄 A、新协紫 A 和新露 A,因此有可能配出和比新优 752 增产的组合。特别是这几个二元

不育系的双亲是姊妹系, 遗传差异较小, 后代改良单交种的分离程度较小, 可为生产所接受。半同胞型二元不育系的双亲具有一个共同祖先, 如新协黄 A/Ⅱ协 1 B、金协紫 A/Ⅱ协 2 B、新协紫 A/Ⅱ协 1 B、新协紫 A/Ⅱ协 2 B、金协紫 A/新协紫 B, 其双亲都具有协青早 A 的血缘, 这类二元不育系与全同胞型二元不育系相比, 双亲的遗传差异较大, 其后代改良单交种的分离程度可能会增加; 回交型二元不育系是由一个衍生系与轮回亲本杂交而成, 如金 23 A/金协紫 B、协青早 A/金协紫 B、Ⅱ-32 A/Ⅱ协 1 B、新露 A/新协紫 B, 其双亲之间的遗传差异介于全同胞型二元不育系和半同胞型二元不育系之间, 其后代改良单交种的整齐度可能会比半同胞型二元不育系所配制的改良单交种的整齐度有所提高。在本研究中, 回交型和半同胞型二元不育系的单株产量和其他主要农艺性状多数都表现出较好的一般配合力, 因此有可能选配出产量较高的改良单交种。

参考文献:

- [1] 徐寿昌, 熊伟, 徐华德, 等. 三交杂交水稻的育种研究 [J]. 江西农业学报, 2002, 14(3): 12-16
- [2] 陈伟程, 季良越, 刘宗华, 等. 玉米不同自交世代产生的姊妹系组配改良单交种的研究 [J]. 中国农业科学, 1994, 27(5): 27-32
- [3] 罗福和, 陈伟程, 季良越, 等. 玉米改良单交种选育方法的研究 [J]. 作物学报, 1993, 19(4): 321-327
- [4] 陆作楣. 论杂交稻育种的配合力选择 [J]. 中国水稻科学, 1999, 13(1): 1-5
- [5] 马育华. 植物育种的量变遗传学基础 [M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1982: 280-437
- [6] 莫惠栋. 农业试验统计 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1984: 166-170
- [7] 盖钧镒. 试验统计方法 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 241-245
- [8] 陆作楣, 陶谨, 赵霭林, 等. 方差分析的分群比较法 [J]. 江苏农业科学, 1983(4): 18-20
- [9] 廖伏明, 周坤炉, 盛孝邦, 等. 籼型三系杂交水稻主要农艺性状配合力研究 [J]. 作物学报, 1999, 25(5): 623-631
- [10] 余守武, 尹建华, 刘宜柏, 等. 三交水稻的育种研究. Ⅲ. 三交中晚稻主要农艺性状的配合力和遗传力分析 [J]. 作物学报, 2005, 31(6): 784-789
- [11] 周学标, 陆作楣. 籼稻改良单交种的选育 [J]. 中国水稻科学, 2007, 21(1): 31-38
- [12] 余守武, 刘宜柏, 尹建华, 等. 三交水稻的育种研究. Ⅱ. 三交中晚稻杂种优势的比较研究 [J]. 作物学报, 2005, 31(4): 476-480
- [13] 袁利群, 杨隆维, 向极钎, 等. 三交育种在三系杂交水稻抗瘟育种中的应用研究 [J]. 杂交水稻, 2003, 18(6): 7-9

责任编辑: 沈 波